

Makalenin Geliş Tarihi : 26.04.2009  
Makalenin Kabul Tarihi : 08.06.2009

## **GENLEŞTİRİLMİŞ KİL AGREGALI HAFİF BETONLARDA BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE YARMADA ÇEKME DAYANIMI TAHMİN MODELİ GELİŞTİRİLMESİ**

Serkan SUBAŞI<sup>1</sup>, Ahmet BEYÇİOĞLU<sup>1</sup>, Mehmet EMİROĞLU<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, genleştirilmiş kil agregasıyla üretilen alternatif karışım özelliklerine sahip hafif betonlarda yarmada çekme dayanımı değerlerinin bulanık mantık yöntemiyle tahmin edilebilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla 350, 400 ve 450 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajlarında genleştirilmiş kil agregalı hafif beton karışımları hazırlanmıştır. Her bir çimento miktarı için %0, %10, %20 ve %30 oranında uçucu kül ikame edilerek hazırlanan beton numuneleri yarmada çekme dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Modellemede girdi parametresi olarak çimento ve uçucu kül miktarları, çıktı parametresi olarak ise yarmada çekme dayanımı değerleri kullanılmıştır. Çalışmada girdi parametreleri için belirlenen üyelik fonksiyonlarına bağlı olarak 35 kural yazılmış durulaştırma işleminde ise en yaygın kullanılan yöntem olan ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak geliştirilen bulanık mantık modeli ile deneysel olarak elde edilmiş yarmada çekme dayanımı değerleri başarı ile belirlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Genleştirilmiş Kil, Hafif Beton, Bulanık Mantık, Dolaylı Çekme Dayanımı.

## **DEVELOPMENT OF A SPLIT TENSILE STRENGTH ESTIMATION MODEL ON LIGHTWEIGHT EXPANDED CLAY AGGREGATE CONCRETE BY USING FUZZY LOGIC**

**ABSTRACT:** In this study, split tensile strength values of the lightweight aggregate concrete, having alternative mix design, which is prepared with expanded clay aggregate have been modeled by fuzzy logic method. For this purpose, expanded clay aggregate concrete mix design has been prepared with 350, 400 and 450 kg/m<sup>3</sup> cement content. Besides, 0%, 10%, 20% and 30% fly ash were substituted for each cement contents in the mix design. Prepared specimens were subjected for split tensile strength test. Input parameters were cement and fly ash content and the output parameters were split tensile strength in the modeling. Thirty five rules were formed according to the member functions which are determined for input parameters of the modeling. For the defuzzification process the centroid method was selected. Consequently, split tensile strength of the lightweight concrete was determined using the prepared fuzzy logic model in this study.

**KEYWORDS:** Expanded clay, Lightweight concrete, Fuzzy logic, Split tensile strength.

---

<sup>1</sup> Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 81620 Konuralp/DÜZCE

## ***I. GİRİŞ***

Beton teknolojisinin ilerlemesi ile birlikte beton üretimindeki yenilikler özel betonlar adı altında bir araştırma alanı ortaya çıkarmıştır. Özel betonlar, kullanım yerlerine göre farklı beklentileri karşılamak amacıyla üretilen betonlardır. Ağır beton, taşıyıcı hafif beton, kendiliğinden yerleşen beton, yalıtım özellikli beton bu farklı özelliklerden bazılarıdır. Betona bu farklı özellikleri kazandırmak, betonun geleneksel bileşenlerinin haricinde farklı nitelikteki yapı malzemelerini karışıma ilave etmekle ortaya çıkmaktadır. Mineral ve kimyasal katkılarla, farklı tip ve mineralojik kökene sahip agregalar geleneksel betonun niteliklerini değiştiren ana etkenlerden bazılarıdır. Hafif betonlar, taşıyıcı hafif betonlar ve taşıyıcı olmayan amaçlar için kullanılan ultra hafif betonlar olmak üzere ikiye ayrılabilir. Hafif betonun kullanımı 1900'lü yıllara kadar uzanmaktadır. Genleştirilmiş kil ve şist agregalar ticari olarak S. H. Hayde tarafından geliştirilmiş ve I. Dünya Savaşı sırasında gemi yapımında kullanılmıştır [1-4].

Agregaların betonun yaklaşık %70-80'ini oluşturması nedeniyle taşıyıcı hafif beton üretiminde bilinen en yaygın metot karışımda normal ağırlıklı agrega yerine hafif agrega kullanmaktır. Hafif agregalar yüksek boşluk oranına sahip olduklarından birim hacim ağırlıkları düşük olup normal agregalara göre daha yüksek su emme, daha az ısı iletimi ve daha düşük dayanım gibi özellikleri vardır [4].

Yaklaşık 180 milyon yıldır doğada var olan kil ve kireç insanoğlunun yerleşik hayata geçişinde yapmış oldukları yapıların temel malzemesi olmuşlardır. Genleştirilmiş kil agregası kilin kaynağından çıkarılıp ve toz haline getirilerek, küçük kürecikler halinde granüle edilmesi ve daha sonra yaklaşık 1200 oC sıcaklıkta pişirilmesi ile elde edilmektedir. Böylece, kilin organik bileşenleri yakılır ve küreler genişerek genleştirilmiş kil agregalar meydana gelir. İnce dağılımı ve düzenli gözeneğe sahip yapısı nedeniyle yüksek termal yalıtım, ısı tutma, ses yalıtımı ve duruma göre ses absorbe etme gibi özelliklere sahip olan genleştirilmiş kil agregalar, boyutsal olarak stabil, yanıcı olmayan, hem donmaya karşı dirençli hem de mekanik dayanımı yüksek bir malzemedir. Düşük birim ağırlığı, gözenekli yapısı ve tane dağılımı göz önüne alındığında beton içerisinde hafif agrega olarak kullanmak için uygundur [5].

Günümüzde mühendislik araştırmalarında yapay zeka yöntemlerinden biri olan bulanık mantık yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Her insan, günlük hayatında kesin olarak bilinmeyen,

bazen de önceden sanki kesinmiş gibi düşünölen, ama sonuçta kesinlik arz etmeyen durumlarla karşılaşabilir. Bu durumların sistematik bir şekilde önceden planlanarak sayısal öngörülerinin yapılması ancak bir takım kabul ve varsayımlardan sonra mümkün olabilmektedir. Gerçek dünya karmaşıktır ve genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık (fuzzy) kaynaklar adı verilir. Zadeh (1968), gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelemeye alınırsa, çözümün daha da bulanık hale geleceğini ifade etmiştir [6]. Beton teknolojisi alanında bulanık mantık yöntemi ile günümüze kadar beton dayanımının önceden tahmini konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır [7-10].

Bu çalışmada, genleştirilmiş kil agregası kullanılarak elde edilmiş hafif betonların yarmada çekme dayanımları bulanık mantık modeli kullanılarak tahmin edilebilirliği araştırılmıştır.

## **II. DENEYSEL ÇALIşMA**

Çalışmada kullanılan hafif agrega, Avusturya, Liapor firmasından elde edilmiştir. Genleştirilmiş kil agregası, 0–2, 2–4 ve 4–8 mm çapındaki eleklerden elenerek sınıflandırılmıştır. Ayrıca karışım içerisinde toplam agrega hacminin %20’ si oranında 0-2 mm çapında dere kumu kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak CEM I 42,5 R tipi çimento kullanılmıştır. Karışım suyu olarak, Düzce şehir içme suyu şebekesinden sağlanan su kullanılmıştır. Karışımlarda, istenilen işlenebilirliği sağlamak amacıyla İksa firmasına ait İksament MR–25 akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Beton üretiminde kullanılan uçucu kül, Ankara, Çayırhan termik santralinden temin edilmiştir.

Yarmada çekme dayanımı deneyi, 15x15x15 cm’lik küp numuneler üzerinde 28 gün kürde bekletildikten sonra TS EN 12390–6 “Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımı Tayini” standardında belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır [11]. Her seri için 4 adet numune hazırlanarak deneyler yapılmıştır. Yarmada çekme dayanımının hesaplanmasında aşağıda verilen Eşitlik (1) kullanılmıştır.

$$F_{ct} = (2.F)/(\pi.L.d) \quad (1)$$

Burada;

$F_{ct}$  = Yarmada çekme dayanımı (Mpa)

$F$  = Kırılma yükü (N)

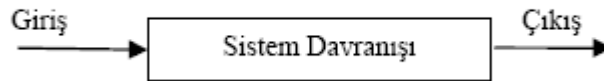
$L$  = Numunenin yükleme parçasına temas çizgisi uzunluğu(mm)

$D$  = Numunenin en kesit boyutu (mm) ifade etmektedir.

### III. BULANIK MANTIK

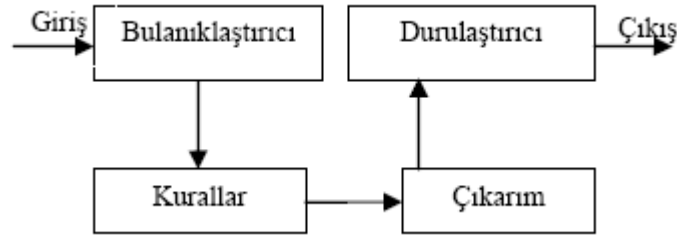
1965’de L. A. Zadeh (Lütfi Askerzade), yeni bir matematiksel yöntemi açıklayan “Fuzzy Sets (Bulanık Kümeler)” [12] adlı ünlü makalesini Information and Control isimli dergide yayınlamıştır. Bu yöntem, “kısa adam”, “güzel kadın” veya 1’den daha büyük gerçek sayılar” gibi belirsiz kümeleri veya şüpheli fikirleri elde etmeye ve tanımlamaya olanak sağlamıştır. O zamandan günümüze, bulanık kümeler kuramı hem Zadeh’in kendisi, hem de sayısız araştırmacı tarafından hızlı bir biçimde geliştirilmiştir [13].

Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer vermesi, ikincisi ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine gereksinim gösteren hallerdir. Genellikle bilinen matematik, stokastik veya kavramsal sistemlerin hemen hepsi Şekil 1’de görülen üç ayrı birimden ibarettir. Bunlar giriş, bu girişi çıkışa dönüştüren ve sistem davranışı olarak isimlendirilen bir kutu ve buradan çıkış kısımlarıdır. Bu birimlerin hepsinde sayısal veri çıkış veya işlemler yapılmaktadır [14].



Şekil 1. Klasik sistem.

Bulanık sistemlerin bu klasik tasarımdan farkı sistem davranışı kısmının dörde ayrılarak Şekil 2’de gösterildiği gibi kendi aralarında bağlantılı dört birimin olmasıdır.



Şekil 2. Bulanık mantığın temel elemanları.

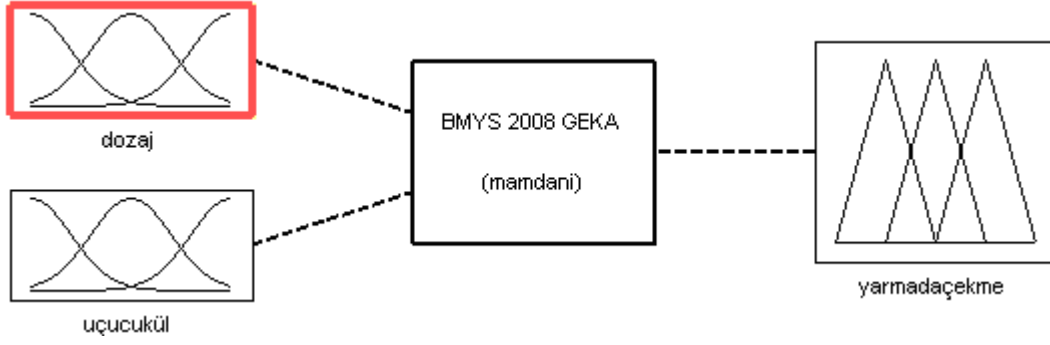
Girdi değerleri çoğunlukla kesin değerlerdir. Bulanıklaştırıcının görevi, bulanık kümeler (burada girdiler bulanık üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanan bulanık değişkenlerdir) içine kesin sayıları haritalamaktır. Kurallar “Eğer-İse” kurallarının oluşturduğu bulanık mantığı esas alır. Tipik bir “Eğer - İse” kuralını şöyle örnekleyebiliriz. Eğer Su miktarı “ÇOK FAZLA” ise Basınç dayanımı “ÇOK DÜŞÜK” tür.

Çıkarım, Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan parça ilişkilerin hepsini bir arada toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını temin eden işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır.

Durulaştırıcı ise Bulanık çıkarım motorunun bulanık küme çıkışları üzerinde ölçek değişikliği yapılarak gerçek sayılara dönüştürdüğü birimdir.

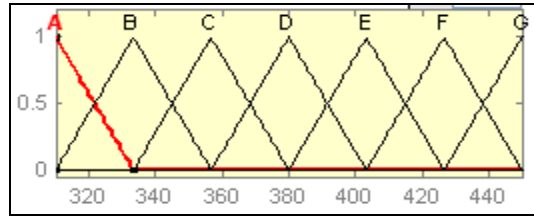
#### IV. TASARLANAN BULANIK MANTIK MODELİ VE BULGULAR

Bu çalışmada bulanık mantık, genleştirilmiş kil agregalı hafif betonun yarmada çekme dayanımını belirlemek için kullanılmıştır. Geliştirilen bulanık mantık denetleyicisiyle, deneysel çalışmaların yapılamadığı durumlarda betonun yarmada çekme dayanımı bulunup genel bir çözüm yapılabilmektedir. Modelde çimento dozajı ve uçucu kül ikame miktarı girdi yarmada çekme dayanımı ise çıktı birimidir. Şekil 3’de geliştirilen modelin genel yapısı görülmektedir.

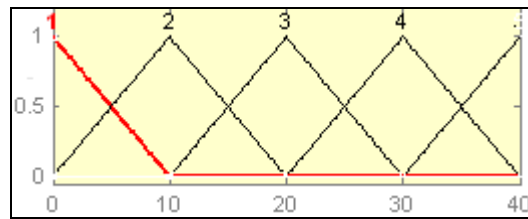


**Şekil 3.** Geliştirilen modelin genel yapısı

Bulanık üyelik fonksiyonları çok değişik şekillerde olabilir, ama genellikle üçgen olanları tercih edilir. Eşit aralıklı üçgen üyelik fonksiyonları pratik uygulamalarda sıkça kullanılır [14]. Bu yüzden çalışmada değişkenlere eşit aralıklı üçgen üyelik fonksiyonları atanmıştır. Modellemede çimento dozajı için 7, uçucu kül miktarı için 5 ve yarmada çekme dayanımı için 15 tane üçgen üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Girdiler ve çıktıya ait üyelik fonksiyonları Şekil 4-5 ve 6' da verilmiştir.



**Şekil 4.** Çimento dozajına ait üyelik fonksiyonları (kg)

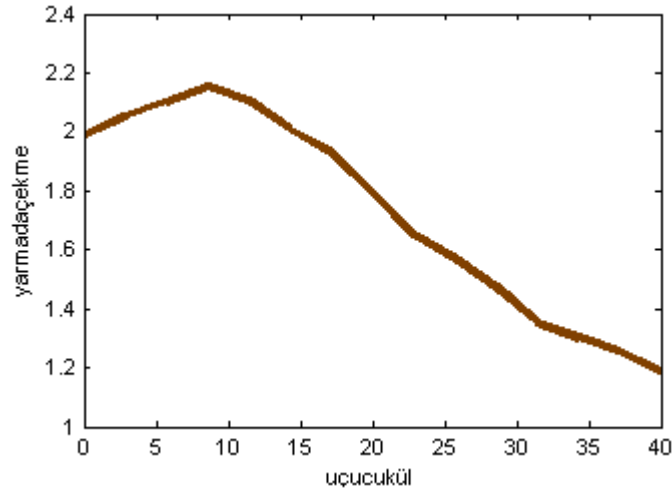


**Şekil 5.** Uçucu kül ikame miktarına ait üyelik fonksiyonları

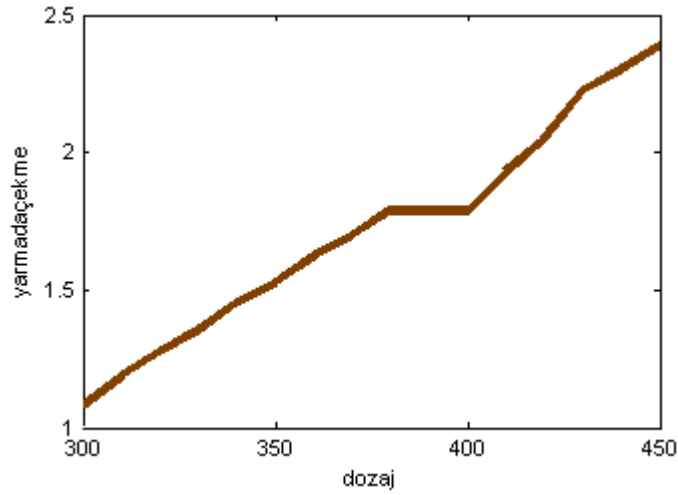


Şekil 6. Yarmada çekme dayanımına ait üyelik fonksiyonları

Geliştirilen modelde çimento dozajı ve uçucu kül ikame miktarına bağlı olarak yarmada çekme dayanımının değişimi Şekil 7 ve Şekil 8’de görülmektedir.

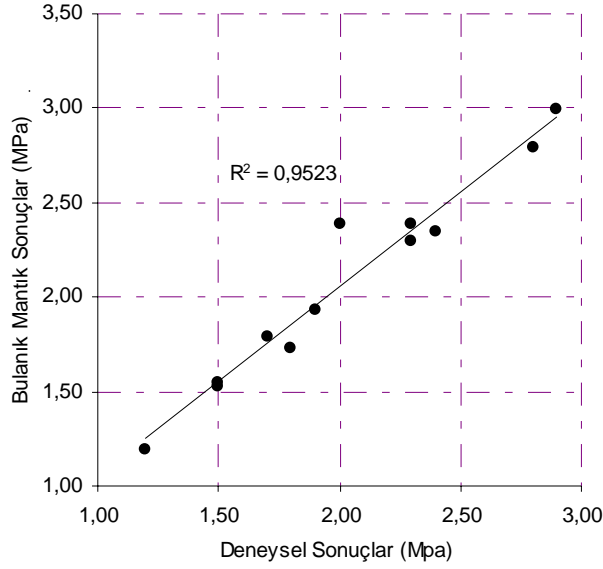


Şekil 7. Uçucu kül ikame miktarının yarmada çekme dayanımına etkisi.

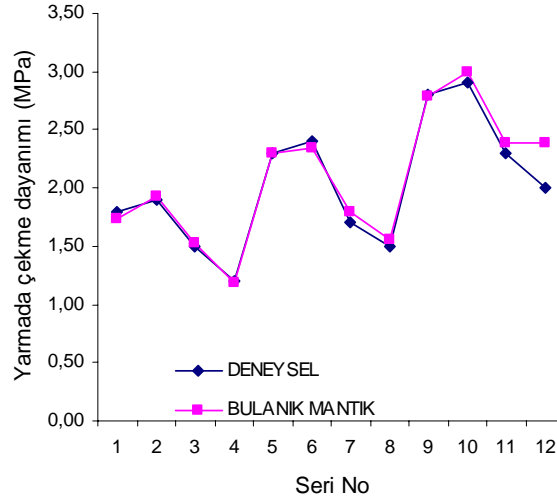


Şekil 8. Çimento dozajının yarmada çekme dayanımına etkisi.

Üyelik fonksiyonlarının seçimi kazanılmış tecrübelerle göre belirlenmiştir. Deneme yanılma yolu ile iyi bir sonuç elde edilen değerler alınmıştır. Bulanık mantığın kural tabanı uzman tecrübesi ile oluşturulmuştur. Model oluşturulduktan sonra model sonuçları ile deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekil 9 ve Şekil 10'da deney sonuçları ile bulanık mantık arasındaki ilişki ve sonuçların eşleşme durumları verilmiştir.



Şekil 9. Bulanık mantık modeli sonuçları - Deney sonuçları ilişkisi.



Şekil 10. Sonuçların her bir numune için eşleşme durumları.



## V. SONUÇLAR

350, 400 ve 450 kg/m<sup>3</sup> dozaja sahip ve %0, %10 ve %20 uçucu kül ikamesi ile hazırlanmış hafif beton karışımlarına ait yarmada çekme deney sonuçlarının çimento ve uçucu kül ikame miktarlarına bağlı olarak önceden tahmini için bulanık mantık yöntemi kullanılmıştır.

Geliştirilen bulanık mantık modelinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde bulanık mantık metodunun gerçek deney sonuçlarını başarılı bir şekilde tahmin ettiği görülmüştür. Yapılan karşılaştırmada bulanık mantık modelinin deney sonuçlarını %95 gibi yüksek bir oranda doğru olarak tahmin edilebildiği belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde klasik mantığın keskin sınırlarına kıyasla, bulanık mantığın bu keskin geçişleri yumuşattığı böylece insan düşünüş ve yargısına daha uygun sonuçlar verdiği görülmektedir. Bulanık mantığın mühendislik problemlerinin çözümünde klasik metotlara alternatif olarak kullanılabilir başarılı bir tahmin yöntemi olduğu görülmüştür.

## VI. KAYNAKLAR

- [1] S. Yazıcıoğlu, N. Bozkurt, “Pomza ve Mineral Katkılı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt. 21, No. 4, ss. 675-680, 2006.
- [2] S. Subaşı, “The effects of using fly ash on high strength lightweight concrete produced with expanded clay aggregate”, *Scientific Research and Essay*, Vol. 4, No. 4, pp. 275-288, April, 2009.
- [3] S. Mindness, J. F. Young, “*Concrete*”, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 1981.
- [4] İ. B. Topçu, “*Beton Teknolojisi*”, Uğur Ofset, Eskişehir 570s, 2006.
- [5] “Liapor”, <http://www.liapor.com>
- [6] Z. Şen, “*Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*”, Bilge Kültür Sanat, İstanbul, 2001.
- [7] İ. B. Topçu, Sarıdemir, M., “Prediction of properties of waste AAC aggregate concrete using artificial neural network”, *Computational Materials Science*, In Press, 2007.

- [8] İ. B. Topçu, M. Sarıdemir, “Prediction of mechanical properties of recycled aggregate concretes containing silica fume using artificial neural networks and fuzzy logic”, *Computational Materials Science*, In Press, 2007.
- [9] İ. B. Topçu, “Semi-Lightweight Concretes Produced by Volcanic Slags”, *Cement and Concrete Research*, Vol. 27, pp.15-21, 1997.
- [10] İ. B. Topçu, M. Sarıdemir, “Prediction of rubberized concrete properties using artificial neural network and fuzzy logic”, *Construction and Building Materials*, Vol. 22, pp.532-540, 2008.
- [11] TS EN 12350-6, Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.
- [12] L. A. Zadeh, “Fuzzy Sets”, *Information and Control*, Vol. 8., pp. 338-353, 1965.
- [13] S. Terzi, “Bitüm Miktarının Asfalt Betonu Dayanımına Etkisinin Bulanık Mantık Yöntemi İle Modellenmesi”, 4. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 28-30 Eylül, Konya, 2005.
- [14] Ö. KiŐi, M. E. Karahan, Z. Şen, “Nehirlerdeki askı maddesi miktarının bulanık mantık ile modellenmesi”, *İtüdergisi/d mühendislik*, Cilt. 2, Sayı. 3, ss. 43-54, Haziran 2003.